

省力化及びコスト削減に向けた給餌方法の検討Ⅱ

～富士の介における間欠給餌の効果について～

加地奈々

一定の間隔を空けた給餌を行うことで給餌日数を減らした給餌方法（以下、間欠給餌）は、給餌に要する労力の軽減や飼料効率面から省力化及びコスト削減に効果的な給餌方法とされ、マス類においてもその有効性が報告されている¹⁻³⁾。

本試験では前報⁴⁾で実施したニジマス *Oncorhynchus mykiss* に引き続き、ニジマス雌とマスノスケ *O. tshawytscha* の性転換雄を交配させて作出した全雌異質三倍体魚「富士の介」（以下、富士の介）を用いて週5日給餌と週3日給餌の異なる給餌間隔で飼育成績を比較し、省力化及びコスト削減効果を検証した。

材料及び方法

供試魚には山梨県水産技術センター忍野支所で2022年秋に作出した富士の介0歳魚を用いた。供試魚は試験開始まで市販のマス類用配合飼料（表1）を給餌し、水温12.5℃の地下水をかけ流して飼育した。試験区は土日を除く月～金までの5日間について、毎日供試魚が満腹状態になるまで飽食給餌を行う区（以下、週5日給餌区）及び隔日で週3日（月・水・金）飽食給餌を行う区（以下、週3日給餌区）とし、ともに反復区を設けた（以下、週5日給餌区①、週5日給餌区②、週3日給餌区①及び週3日給餌区②）。各試験区の供試尾数は30尾とし、試験開始時の体重は週5日給餌区①、週5日給餌区②、週3日給餌区①及び週3日給餌区②の順に、21.8±1.0 g、21.8±1.1 g、21.8±1.1 g及び21.8±1.1 g（平均体重±標準偏差、以下、同様）であった。

飼育は水温12.5℃の地下水を200mL/sでかけ流したFRP製の餌付け水槽（L×W×H：170×45×30cm、水量230L）4水槽を用いて32週間行った。給餌は各試験区の給餌日において1日3回実施し、給餌の際には給餌に要した時間を秒単位で記録した。供試飼料には供試魚の養成に使用したのと同じマス類用配合飼料を用いた。試験開始後は2週に1回月曜日の午前中に各試験区における飼育魚の総重量測定を行った。なお、総重量測定の際には水槽の位置による影響を減らすため、収容した魚のローテーションを行った。また、試験終了時には個体別に重量測定を行った。

試験期間を通じた飼料効率、日間摂餌率、日間増重率及び体重1gあたりの瞬間摂餌量（1秒間の摂餌量）については次の計算式で求めた。

飼料効率 (%) = $\{(W_1 - W_0) / F\} \times 100$ 、日間摂餌率 (%/日) = $[F / \{(W_1 + W_0) \times 0.5 \times D_1\}] \times 100$ 、
日間増重率 (%/日) = $\{(W_1 / W_0)^{1/D_2} - 1\} \times 100$ 、体重1gあたりの瞬間摂餌量 (mg/秒/g) = $[F / T] / \{(W_1 + W_0) \times 0.5\} \times 1000$ ※ W_0 : 試験開始時の総重量 (g)、 W_1 : 試験終了時の総重量 (g)、 F : 総摂餌量 (g)、 D_1 : 総給餌日数 (日)、 D_2 : 総飼育日数 (日)、 T : 総給餌時間 (秒)

また、2週ごとの魚体測定までの期間を1期として飼料効率、日間摂餌率及び日間増重率について、前述の計算式を、 W_0 : 期首の総重量 (g)、 W_1 : 期末の総重量 (g) として同様に算出した。さらに、成長速度が異なる試験区の成績を評価するために、1期ごとの平均体重（期首体重と期末体重の平均値）を横軸に、飼育成績の各項目の値を縦軸にした散布図を作成し、同じ体重を目安とした各項目の成績を比較した。

表1 試験に使用した市販飼料の配合割合及び一般成分

原材料名(表示)		一般成分(表示)	
動物質性飼料	57%	魚粉	粗タンパク 44.0%以上
穀類	26%	小麦粉	粗脂肪 8.0%以上
植物性油かす類	11%	大豆油かす	粗繊維 3.0%以下
その他	6%	精製魚油、リン酸カルシウム等	粗灰分 15.0%以下

結果

試験期間を通じた成長の推移を図1に、飼育結果を表2に示した。また、期間ごとの平均体重と各項目の関係を図2～図5に示した。成長は週5日給餌区の2区が週3日給餌区の2区を上回る結果となった(図1)。試験終了時の体重は週5日給餌区①、週5日給餌区②、週3日給餌区①及び週3日給餌区②の順に、 171.8 ± 48.9 g、 161.1 ± 41.2 g、 134.0 ± 37.8 g及び 140.9 ± 34.3 gであり、週5日給餌区①と週3日給餌区①及び週3日給餌区②の間には有意差が認められた(表2, Tukey法による多重比較検定, $p < 0.05$)。

また、同じサイズに達するまでの飼育成績を比較するため、各試験区において平均体重が概ね140g(以下, 140gサイズ)に達した測定日までの飼育結果を表3に示した。140gサイズの測定日における各試験区の平均体重は週5日給餌区①、週5日給餌区②、週3日給餌区①及び週3日給餌区②の順に、141.2 g, 140.2 g, 134.0 g及び140.9 gであり、要した飼育週数は週5日給餌区①及び週5日給餌区②は28週であったのに対し、週3日給餌区①及び週3日給餌区②は32週と4週間遅くなった。

140gサイズに達するまでの日間摂餌率は週5日給餌区①、週5日給餌区②、週3日給餌区①及び週3日給餌区②の順に、1.06%, 1.04%, 1.49%及び1.47%であり、週3日給餌区の方が高くなった(表3)。また、体重と日間摂餌率の関係は同じ体重においては週3日給餌区が週5日給餌区に比べ概ね高くなったが、体重の増加に伴いその差は小さくなった(図2)。日間増重率は週5日給餌区①、週5日給餌区②、週3日給餌区①及び週3日給餌区②の順に、0.94%, 0.90%, 0.81%及び0.83%であり、週5日給餌区の方が高くなった(表3)。体重と日間増重率の関係は変動があるものの、同じ体重においては週5日給餌区の方が高い傾向が見られ、120g以上ではその差が拡大した(図3)。飼料効率率は週5日給餌区①、週5日給餌区②、週3日給餌区①及び週3日給餌区②の順に、98.2%, 100.0%, 100.8%及び102.9%と週3日給餌区の方が若干上回った(表3)。体重と飼料効率率の関係はばらつきが大きく、両区間で明確な傾向の差は認められなかった(図4)。給餌時間は週5日給餌区①、週5日給餌区②、週3日給餌区①及び週3日給餌区②の順に、60,376秒, 61,684秒, 52,896秒及び53,501秒となり、週5日給餌区の方が長くなった(表3)。また、体重1gあたりの瞬間摂餌量は0.025 mg/秒/g, 0.024 mg/秒/g, 0.027 mg/秒/g及び0.026 mg/秒/gとなり、週3日区の方が若干高くなった(表3)。

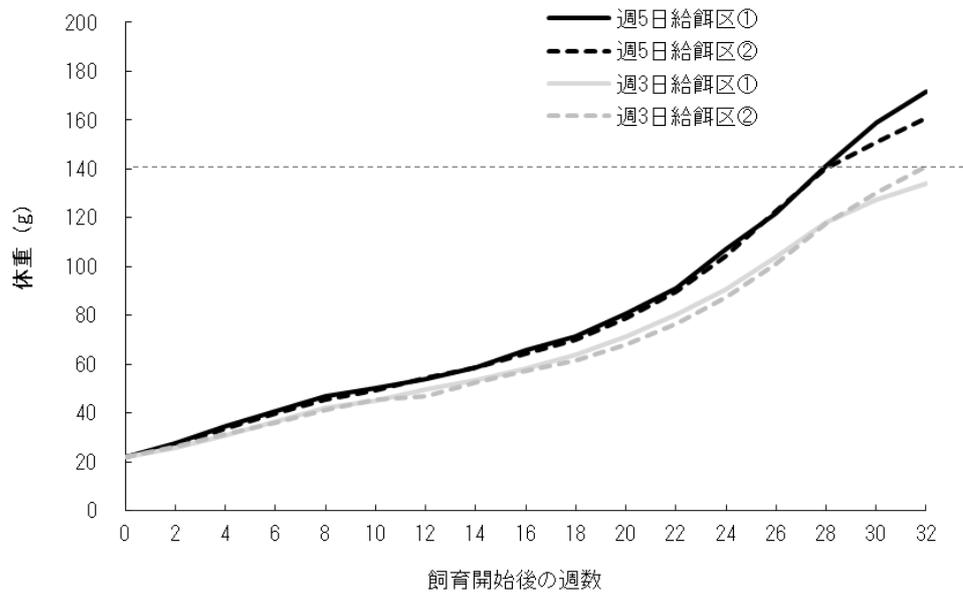


図1 成長の推移

表2 飼育結果（全試験期間）

	週5日給餌区①	週5日給餌区②	週3日給餌区①	週3日給餌区②
供試魚尾数	30	30	30	30
期間中の総死亡尾数	1	0	0	1
生残率(%)	96.7	100.0	100.0	96.7
総飼育日数	224	224	224	224
飼育週数	32	32	32	32
総給餌日数	160	160	96	96
試験開始時の平均体重(g) ^{*1}	21.8±1.0	21.8±1.1	21.8±1.1	21.8±1.1
試験終了時の平均体重(g) ^{*1,2}	171.8±48.9 ^a	161.1±41.2 ^{ab}	134.0±37.8 ^b	140.9±34.3 ^b
期間中の増重量(g)	4,330	4,178	3,366	3,433
期間中の総死亡重量(g)	26.6	0.0	0.0	25.7
期間中の総給餌量(g)	4,352	4,192	3,338	3,361
補正飼料効率(%)	100.1	99.7	100.8	102.9
日間摂餌率(%/日)	0.96	0.96	1.49	1.47
日間増重率(%/日)	0.91	0.90	0.81	0.83
総給餌時間(秒)	72,134	73,057	52,896	53,501
総給餌時間(時)	20.0	20.3	14.7	14.9
瞬間摂餌量(mg/秒/g)	0.021	0.021	0.027	0.026

*1平均±標準偏差

*2異なるアルファベット間で有意差あり(Tukey法による多重比較検定, $p < 0.05$)

表3 飼育結果 (体重 140 g サイズに達するまでの期間)

	週5日給餌区①	週5日給餌区②	週3日給餌区①	週3日給餌区②
供試魚尾数	30	30	30	30
期間中の総死亡尾数	1	0	0	1
生残率(%)	96.7	100.0	100.0	96.7
総飼育日数	196	196	224	224
飼育週数	28	28	32	32
総給餌日数	140	140	96	96
試験開始時の平均体重(g)	21.8	21.8	21.8	21.8
140gサイズ測定日平均体重(g)	141.2	140.2	134.0	140.9
期間中の増重量(g)	3,442	3,553	3,366	3,433
期間中の総死亡重量(g)	26.6	0.0	0.0	25.7
期間中の総給餌量(g)	3,533	3,553	3,338	3,361
補正飼料効率(%)	98.2	100.0	100.8	102.9
日間摂餌率(%/日)	1.06	1.04	1.49	1.47
日間増重率(%/日)	0.94	0.95	0.81	0.83
総給餌時間(秒)	60,376	61,684	52,896	53,501
総給餌時間(時)	16.8	17.1	14.7	14.9
瞬間摂餌量(mg/秒/g)	0.025	0.024	0.027	0.026

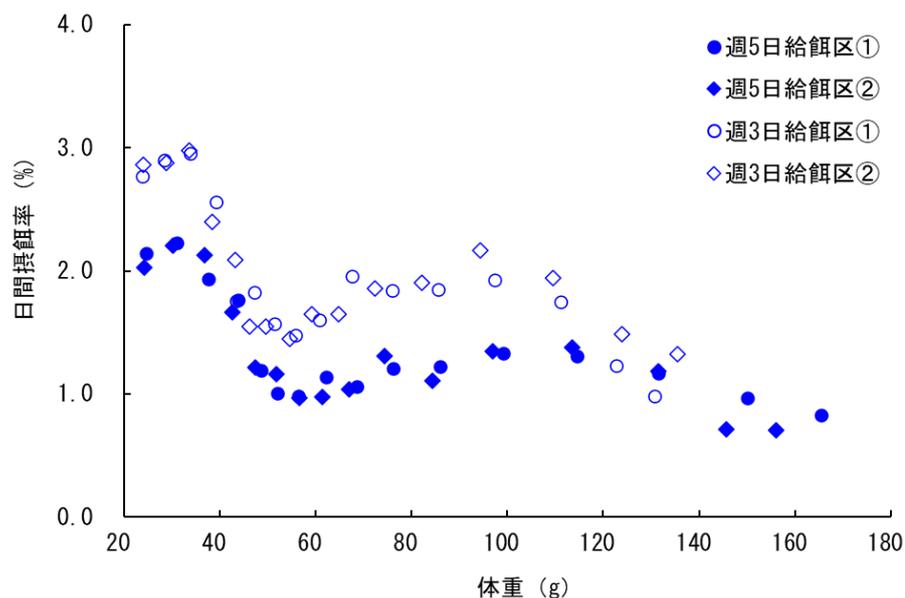


図2 体重と日間摂餌率の関係

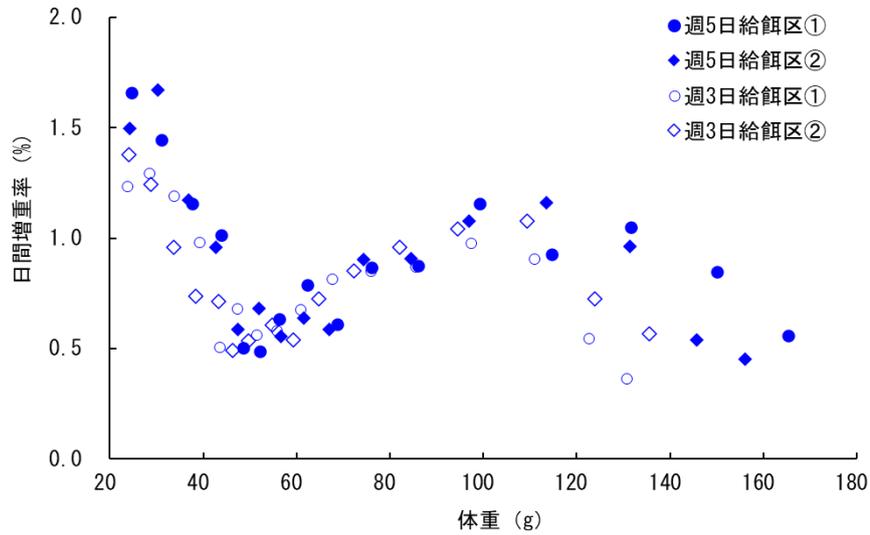


図3 体重と日間増重率の関係

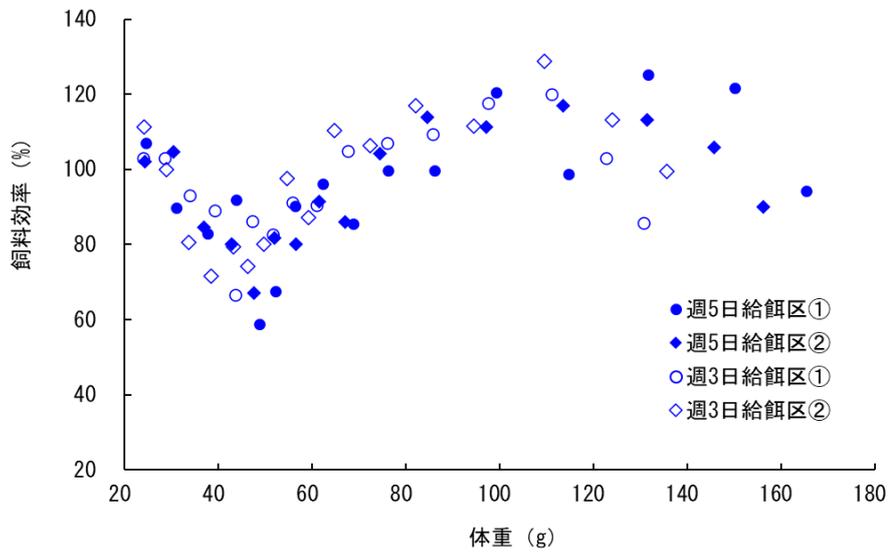


図4 体重と飼料効率の関係

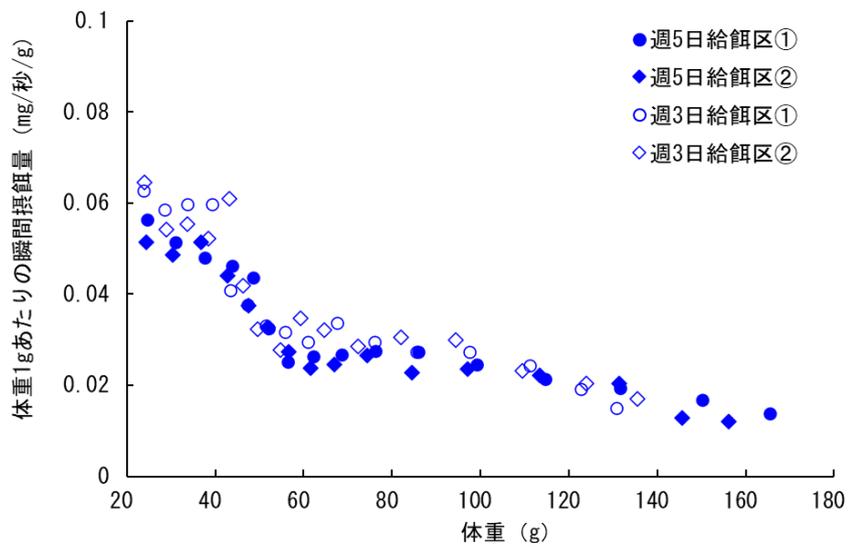


図5 体重と体重1gあたりの瞬間摂餌量の関係

考 察

前報⁴⁾では、魚体重 44 g のニジマスを用いて 2 種類の飼料による週 5 日給餌と週 3 日給餌の比較試験を行った。その結果、供試飼料によっては週 3 日の飽食給餌で週 5 日給餌と同等の成長が得られ、飼料効率の向上も確認された。本試験では、富士の介においても同様の効果が得られるかを検証するため、ニジマスの飽食給餌試験で有効性が確認された際に使用した飼料と同銘柄の飼料を選択し、同じ給餌条件で間欠給餌の有効性を評価した。

成長の推移を見ると、試験開始後のいずれの測定日においても週 3 日給餌区が週 5 日給餌区の体重を上回ることとはなく、140 g サイズまでの育成に要した期間は週 3 日給餌区が 4 週間遅くなった (図 1, 表 3)。また、140 g サイズにおける飼料効率は週 3 日給餌区が上回ったが、その差はわずかであった (表 3)。飼料効率に差がない場合、週 3 日給餌で週 5 日給餌と同等の成長を得るためには、総給餌量が同等になることが条件となる。週 3 日給餌では総給餌日数が 3/5 に減少するため、週 5 日給餌の 5/3 倍の日間摂餌率が必要となる。しかし、週 3 日給餌区の日間摂餌率は週 5 日給餌区より高く推移したものの、多くは 5/3 倍を下回った (図 2)。一方、前報⁴⁾で実施したニジマスの飽食給餌試験では、週 3 日給餌の日間摂餌率は週 5 日給餌の 5/3 倍に近い値で推移し、さらに飼料効率の上昇もみられた。

これらのことから、富士の介では週 3 日の飽食給餌は摂餌日数の減少を補うほどの摂餌量の増加には至らず、飼料効率は週 5 日給餌とほぼ同等であったため、成長の遅れにつながったと考えられる。三浦ら⁵⁾は富士の介とニジマスで週 5 日の飽食給餌試験を行い、両魚種で飼料効率は差がなかったが、日間摂餌率は富士の介の方が低く、摂餌量の差により成長差が生じたことを報告している。本試験結果はニジマスと富士の介の摂餌量の差による成長差が、週 3 日給餌ではさらに拡大する可能性を示しており、富士の介の早期育成を目的に飽食給餌を行う場合は、週 3 日給餌よりも週 5 日給餌が適切であると考えられる。

次に省力化の観点から検討すると、摂餌速度の指標となる体重 1 g あたりの瞬間摂餌量は週 3 日給餌区の方が若干高く、また、140 g サイズまでの育成に要した給餌日数は週 5 日給餌区の 140 日に対し、週 3 日給餌区は 96 日と約 3 割少なく (表 3)、これにより給餌時間の短縮や給餌作業回数の削減につながった。しかし、成長の遅れによる育成期間の長期化は、池の回転率低下や管理コストの増加となる。

富士の介は出荷サイズの 1.5 kg 以上に達するまでの期間が約 2~4 年と育成に時間を要することが生産者の負担となっている⁶⁾。富士の介の早期育成を優先する場合は前述のとおり摂餌量を多くする給餌方法が適切であり、省力化には週 3 日給餌の導入よりも、自動給餌器の併用などで給餌日数を維持しつつ労力を軽減する方法が望ましい。一方、早期育成を重視しない場合は、週 3 日給餌の導入により給餌作業の効率化や労働コスト削減が可能であり、導入のメリットは大きい。また、体重維持など成長を求めない飼育では、間欠給餌のメリットがさらに高まると考えられ、今後の検討課題となる。

以上の結果から、富士の介の週 3 日給餌は、育成期間や管理コスト、生産計画を総合的に考慮して導入を判断することが望ましい。前報⁴⁾の結果も踏まえると、マス類における間欠給餌の効果は、飼料の種類に加え魚種の摂餌性にも左右されるため、導入にあたっては適切な飼料選択と魚種の摂餌性を考慮する必要がある。

要 約

1. 省力化及びコスト削減を目的に、富士の介を週 5 日給餌と週 3 日給餌の異なる給餌間隔で飽食給餌により飼育し、飼育成績を比較した。
2. 140 g サイズ到達時の飼料効率は週 5 日給餌と週 3 日給餌でほぼ同等であったが、成長は週 3 日給餌の方が約 4 週間遅くなった。
3. 週 3 日給餌では日間摂餌率が週 5 日給餌に比べ上昇したものの、摂餌日数の減少を補うほどの摂餌量の増加には至らず、成長の遅れにつながったものと考えられた。

4. 富士の介の週3日給餌は養殖期間の長期化が懸念されるため、早期育成が求められる場合には週5日給餌が適切と考えられる。
5. 一方で、早期育成を優先しない場合、週3日給餌は給餌作業の負担軽減や労働コストの削減に有効な給餌方法といえる。

文 献

- 1) 熊川真二 (2000) : ニジマスにおける隔日給餌の効果Ⅲ. 平成10年度長野県水産試験場事業報告, 32.
- 2) 小林美樹 (1998) : サクラマスに対する給餌法の改善-隔日給餌による効果-. 魚と水, 35, 1-11.
- 3) 小野寺毅 (2003) : ギンザケ海面養殖における隔日給餌法の検討. 宮城県水産研究報告, 3, 41-44.
- 4) 加地奈々・青柳敏裕 (2024) : 省力化及びコスト削減に向けた給餌方法の検討～2種類の飼料における間欠給餌の比較～. 山梨県水産技術センター事業報告書, 51, 1-7.
- 5) 三浦正之・平塚匡・青柳敏裕・小澤諒 (2023) : 富士の介, ニジマス, マスノスケの飽食給餌条件下での成長特性. 山梨県水産技術センター事業報告書, 49, 1-7.
- 6) 加地奈々 (2023) : 山梨県の新ブランド魚「富士の介」 事業化プロセスと強み. 養殖ビジネス, 60 (1), 8-12.